

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**GABRIEL PEREIRA DA SILVA**

**PAULO HENRIQUE PIRES DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ÁREAS MOLHADAS E  
MOLHÁVEIS DE UM EDIFÍCIO HABITACIONAL**

**ANAPÓLIS /GO**

**2019**

**GABRIEL PEREIRA DA SILVA**  
**PAULO HENRIQUE PIRES**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ÁREAS MOLHADAS E  
MOLHÁVEIS DE UM EDIFÍCIO HABITACIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES**

**ANÁPOLIS / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

DA SILVA, GABRIEL PEREIRA/ DE LIMA, PAULO HENRIQUE PIRES

Avaliação do desempenho de áreas molhadas e molháveis de um edifício habitacional.

56P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- |                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. Estanqueidade       | 2. Umidade                  |
| 3. Norma de desempenho | 4. Áreas molhadas/molháveis |

I. ENC/UNI

II. Bacharel

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DA SILVA, Gabriel Pereira; DE LIMA, Paulo Henrique Pires. Avaliação do desempenho de áreas molhadas e molháveis de um edifício habitacional. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriel Pereira da Silva

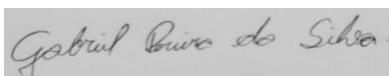
Paulo Henrique Pires de Lima

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Avaliação do desempenho de áreas molhadas e molháveis de um edifício habitacional.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



---

Gabriel Pereira da Silva  
Gps178@hotmail.com



---

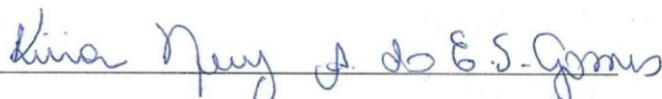
Paulo Henrique Pires de Lima  
paulohenriquepires@gmail.com

**GABRIEL PEREIRA DA SILVA**  
**PAULO HENRIQUE PIRES**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ÁREAS MOLHADAS E  
MOLHÁVEIS DE UM EDIFÍCIO HABITACIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**



**KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEVANGÉLICA)**  
**(ORIENTADORA)**



**JULLIANA SIMAS VASCONCELLOS, Mestra (UEG)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**



**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEVANGÉLICA)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 31 de maio de 2019**

Dedicamos este trabalho a Deus, nossas famílias e a nossa orientadora Kíria Nery Alves do E. S. Gomes, que nos guiaram da melhor forma possível para concluir nossa graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, Profa. Kíria Nery Alves do E. S. Gomes, por ter aceitado me orientar e disponibilizar seu tempo para auxiliar no desenvolvimento deste trabalho, pela atenção e dedicação, e por todas as ideias e informações fornecidas, buscando sempre a melhoria do tema e do conteúdo.

Um agradecimento especial aos meus pais, João e Sandra, que foram sempre fonte de inspirações e ensinamentos para mim, pois sem eles essa conquista não seria alcançada. Fica aqui registrado minha eterna gratidão a Deus por tê-los colocado em minha vida.

A minha namorada, Luciana, pela paciência nos momentos de ausência, pelo apoio e principalmente pelo companheirismo durante toda essa caminhada. Por ser essa pessoa incrível, sonhadora e determinada que me inspira a cada dia ser uma pessoa melhor.

Ao meu irmão, João Paulo, também engenheiro civil, por todo conhecimento, apoio e ajuda prestados.

Aos meus amigos, Rodrigo, Ewerton, Vitor e Gabriel, pelo suporte e amizade, pois estiveram sempre presentes em todos os momentos dessa jornada.

E a todos que contribuíram de alguma forma para minha graduação, o meu sincero obrigado.

Paulo Henrique Pires de Lima

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha mãe Soneide Pereira da Silva, heroína que me ensinou a viver e lutar.

A nossa orientadora Kíria Gomes, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Ao meu amigo e colega de TCC Paulo Henrique, pela parceria e companheirismo nessa jornada acadêmica.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Gabriel Pereira da Silva

*“A força não provém da capacidade física.  
Provém de uma vontade indomável.”*

*(Mahatma Gandhi)*



## RESUMO

Este trabalho trata-se da avaliação e da determinação do desempenho dos sistemas de piso por meio do ensaio de estanqueidade normatizado pela NBR 15575-2013 (Desempenho de edificações habitacionais), para análise dos possíveis efeitos da umidade no sistema. Utilizou-se a pesquisa bibliográfica como pilar para seu desenvolvimento. Considerando a terceira parte da NBR 15575 como a norma vigente em relação a estanqueidade dos sistemas de piso, a mesma foi utilizada, pois fornece métodos e procedimentos que possibilitam a avaliação do seu desempenho e o ensaio referente à estanqueidade. O ensaio consiste em aplicar uma lâmina d'água de 10 milímetros de espessura em todas as áreas molhadas e molháveis dos corpos de prova disponibilizados. Os resultados do ensaio foram observados através de análises visuais de quaisquer modificações relacionadas com os efeitos da umidade e um relatório fotográfico deve ser realizado. Após a realização do ensaio foram encontradas pequenas alterações de tonalidade na região da varanda e lavanderia do corpo de prova 1, necessitando de uma certa atenção nesses locais. Após análise do ocorrido, concluiu-se que se tratava de uma pequena infiltração devido a uma má aplicação do rejunte no local, o que foi corrigido com a reaplicação do mesmo. Assim, pôde-se chegar a conclusão que o desempenho do sistema de piso dos corpos de prova analisados atingiu o nível mínimo de aceitação, pois atende às análises *in loco* do protótipo.

Palavras chave: Sistemas de piso. Estanqueidade. Umidade. Desempenho.

## **ABSTRACT**

This work deals with the evaluation and determination of the performance of the floor systems through the leakage test normalized by NBR 15575 (Performance of residential buildings), to analyze the possible effects of moisture in the system. Bibliographic research was used as a pillar for its development. Considering the third part of NBR 15575 as the current standard for watertightness of floor systems, it has been used since it provides methods and procedures that allow the evaluation of its performance and the test for watertightness. The test consists of applying a 10 mm thick water depth to all wetted and wettable areas of the available specimens. The results of the test are observed through visual analysis of any modifications related to the effects of moisture and a photographic report must be carried out. After the test, small alterations of tonality were found in the region of the porch and laundry of test body 1, needing a certain attention in these places. After analyzing the occurrence, it was concluded that this was a small infiltration due to poor application of the grout in the place, which was corrected with the reapplication of the same. Thus, it was possible to conclude that the performance of the floor system of the analyzed specimens reached the minimum level of acceptance since it meets the on-site analysis of the prototype.

Key words: Floor systems. Water tightness. Moisture. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Eflorescência em sistemas de piso.....	20
Figura 2 - Sistema de impermeabilização de fundação .....	21
Figura 3 - Aplicação de argamassa impermeável.....	23
Figura 4 - Aplicação de argamassa polimérica.....	24
Figura 5 - Aplicação de cristalizante .....	25
Figura 6 - Aplicação de membrana a quente .....	26
Figura 7 - Aplicação de membrana a frio .....	27
Figura 8 - Localização do empreendimento .....	41
Figura 9- Croqui do apartamento.....	43
Figura 10 – Tamponamento dos pontos de drenagem.....	43
Figura 11 - Barreiras de vedação lavanderia/sacada .....	44
Figura 12 - Barreiras de vedação cozinha/entrada.....	44
Figura 13- Abastecimento de água .....	45
Figura 14 - Aplicação da lâmina d'água .....	46
Figura 15 - Cozinha/área de serviço e varanda com lâmina d'água .....	46
Figura 16 - Banheiro com lâmina d'água.....	47
Figura 17 - Verificação da lâmina d'água.....	48
Figura 18 - Cozinha e lavanderia cp1 (a) cantos da lavanderia (b) divisa lavanderia/sacada(c) face exterior do balcão da cozinha (d) laje da lavanderia/cozinha .....	49
Figura 19 - Cozinha e lavanderia cp2 (a) cantos lavanderia (b) divisa lavanderia/sacada (c) face exterior do balcão da cozinha (d) face interior do balcão da cozinha .....	50

Figura 20 - Banheiro de uso comum cp1 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje.....	51
Figura 21 - Banheiro de uso comum cp2 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje.....	51
Figura 22 - Banheiro suíte cp1 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje .....	52
Figura 23 - Banheiro suíte cp2 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje .....	52
Figura 24 - Varanda cp1 (a) entrada da varanda (b) laje (c) detalhe próximo ao ralo (d) área próxima ao ralo.....	54
Figura 25 - Varanda cp2 (a) área próxima ao ralo (b) detalhe próximo ao ralo (c) detalhe próximo a entrada (d) laje.....	54

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Requisitos de segurança estrutural .....	32
Quadro 2 - Requisitos de segurança contra o fogo na NBR 15575-3.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada da edificação, em exteriores acessíveis ao público – Impacto de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro.....	32
Tabela 2 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos .....	34
Tabela 3 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em sistemas de pisos. ....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	16
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	16
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	16
1.3 METODOLOGIA .....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2 UMIDADE</b> .....	18
2.1 UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES .....	18
2.2 UMIDADE EM PISOS .....	18
<b>2.2.1 Umidade ascendente</b> .....	19
<b>2.2.2 Eflorescência</b> .....	20
2.3 PREVENÇÃO .....	21
<b>2.3.1 Sistema de impermeabilização</b> .....	22
2.3.1.1 Sistemas rígidos .....	22
2.3.1.1.1 Argamassas impermeáveis .....	23
2.3.1.1.2 Argamassa polimérica .....	24
2.3.1.1.3 Cimentos Impermeabilizantes .....	24
2.3.1.2 Sistemas flexíveis .....	25
2.3.1.2.1 Aplicação a quente .....	26
2.3.1.2.2 Aplicação a frio .....	26
<b>3 NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575/2013</b> .....	28
3.1 CONCEITO .....	28
3.2 NORMATIZAÇÃO DO DESEMPENHO .....	28
3.3 ATUALIZAÇÃO DA NORMA .....	29
3.4 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-1: REQUISITOS GERAIS .....	29
3.5 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-2: REQUISITOS PARA OS SISTEMAS ESTRUTURAIS .....	31
3.6 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-3: REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE PISOS .....	33
<b>3.6.1 Desempenho estrutural</b> .....	33
3.6.1.2 Cargas verticais concentradas .....	35

<b>3.6.2 Segurança ao fogo</b> .....	35
<b>3.6.3 Estanqueidade</b> .....	36
<b>3.6.4 Desempenho térmico e acústico</b> .....	36
<b>3.6.5 Durabilidade e manutenibilidade</b> .....	36
<b>3.6.6 Funcionalidade e acessibilidade</b> .....	37
<b>3.7 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-4: SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS</b> .....	37
<b>3.8 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-5: REQUISITOS PARA SISTEMAS DE COBERTURAS</b> .....	38
<b>3.9 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-6: SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS</b> ..	39
<b>4 PROGRAMA EXPERIMENTAL</b> .....	41
<b>4.1 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA</b> .....	42
<b>4.2 PROCEDIMENTO DE ENSAIO</b> .....	45
<b>5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	49
<b>5.1 COZINHAS E LAVANDERIA</b> .....	49
<b>5.2 BANHEIROS E SUÍTES</b> .....	50
<b>5.3 VARANDAS</b> .....	53
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
<b>6.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	56
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57



## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao grande número de casos de infiltrações em áreas molhadas e molháveis a necessidade de se prevenir este incidente cresce exponencialmente a cada ano. Os efeitos da umidade – grande vilã das áreas molhadas/molháveis – podem causar sérios estragos na estrutura do piso e do contrapiso, alcançando até mesmo a laje e fazendo surgir goteiras nos andares inferiores (ARCOLINI e BARRADAS, 2012).

É importante ressaltar que áreas molhadas são aquelas cuja condição de uso e exposição pode resultar na formação de lâmina d'água pelo uso normal a que o ambiente se destina e áreas molháveis são aquelas que recebem respingos de água decorrentes da sua condição de uso e exposição e que não resultem na formação de lâmina d'água (NAKAMURA, 2013).

A água é o principal responsável por causar a degradação da maioria dos materiais utilizados na construção civil e por estar em contato quase que permanente com a maioria destes materiais, o controle da umidade em uma edificação se torna de extrema importância para evitar manifestações patológicas, que podem afetar sua vida útil e até reduzir seu valor, pois se tratando da questão financeira, o custo da implantação de um sistema de impermeabilização na edificação representa, em média, de 1% a 3% do custo total da obra, enquanto o custo de reimpermeabilização pode chegar a 25% do custo total (ARCOLINI e BARRADAS, 2012).

O presente trabalho trata do estudo da capacidade do sistema de pisos em proteger ao máximo contra a penetração da água. Deve-se dar grande importância ao tema pois diversas manifestações patológicas têm como responsável as ações da umidade.

De acordo com a NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) Execução de Impermeabilização e a NBR 9575 (ABNT, 2010) que rege a seleção e projeto da impermeabilização, há duas maneiras de barrar a entrada da água. Uma é com os chamados sistemas rígidos, em que a massa usada como reboco recebe polímeros, cristalizantes ou hidrofugantes e, dessa forma, evita que a água se infiltre nos poros do concreto. A outra, dos sistemas flexíveis, compõe-se de mantas ou membranas moldadas na obra – as duas têm asfalto em sua composição e formam uma camada sobre a superfície a ser protegida.

A norma 15575-3 (ABNT, 2013b), que trata do desempenho do sistema de pisos, destinados para área de uso privativo ou de uso comum, estabelece requisitos mínimos de proteção, segurança e conforto do usuário, de forma a ser garantida a estanqueidade do sistema.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Foi definido o estudo do tema apresentado devido aos poucos trabalhos publicados referentes a parte 3 da norma NBR 15575, que trata do desempenho do sistema de pisos, e principalmente devido a importância de se obter testes relacionados aos problemas causados pela umidade em construções habitacionais.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é verificar o desempenho do sistema de piso através do método de ensaio descrito no anexo C da NBR 15575-3 (ABNT,2013) considerando as áreas molhadas e molháveis dos corpos de prova.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- Fazer um resumo e uma seleção das partes mais pertinentes da norma para facilitar seu entendimento;
- Apresentar os sistemas de impermeabilização e os tipos de materiais utilizados;
- Verificar os efeitos da umidade nos materiais utilizados na composição do sistema de piso;
- Analisar os resultados encontrados a partir da realização do ensaio de umidade descrito no anexo C da NBR 15575-3 (ABNT, 2013) verificando a conformidade com as exigências da norma.

## 1.3 METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica se baseia na intenção de trazer mais conteúdo ao trabalho e auxiliar diretamente na construção das próximas etapas, tendo como base artigos, livros e principalmente a norma em questão.

A parte experimental foi realizada conforme o Anexo C da NBR 15575-3 (ANBT, 2013c) em dois apartamentos recém-construídos na cidade de Anápolis-GO, nas áreas específicas para o ensaio desejado.

Com isso, na etapa de obtenção de resultados e conclusões, com os resultados obtidos em campo, foi possível avaliar a resistência à umidade dos corpos de prova testados.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho foram desenvolvidos 3 capítulos de referencial teórico, que serão utilizados como base para a construção da análise experimental.

O primeiro capítulo é direcionado a introdução ao tema, abordando a importância da norma de desempenho e a relevância da realização de seus procedimentos. Também são apresentados os objetivos a serem alcançados e a metodologia utilizada.

O segundo capítulo foi construído com a intenção de apresentar os possíveis problemas que podem ser causados pela ação da umidade nas edificações. Tem também o objetivo de mostrar as maneiras de se evitar essas patologias através da utilização de materiais impermeabilizantes no desenvolvimento do sistema construtivo e, a partir disso, eliminar ao máximo os efeitos negativos da umidade.

Já o terceiro capítulo é voltado para a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT,2013). Nele é tratado todas as 6 partes da norma, com o objetivo de facilitar o entendimento das exigências de cada item. Foi dada uma maior ênfase na terceira parte, que aborda o desempenho no sistema de piso, pois se trata do foco principal do trabalho e tornou-se necessário apresentar com mais detalhes este quesito.

Tratando da parte experimental do trabalho, o quarto capítulo traz, inicialmente, todas as informações necessárias referentes ao empreendimento e os dados relacionados aos corpos de prova analisados. O capítulo também descreve os métodos utilizados para preparar os corpos de prova para o ensaio em questão, juntamente com a apresentação dos ambientes já preenchidos com água.

Em seguida, no quinto capítulo, são apresentados os resultados e discussões retirados a partir da análise dos ambientes ensaiados, conforme as exigências da norma, por meio de relatório fotográfico. O sexto capítulo se refere as conclusões, que foram obtidas através do resultado final e também das dificuldades encontradas no desenvolvimento deste trabalho.

## 2 UMIDADE

Para KLEIN (1999) a umidade, dentro do contexto da construção civil, é definida como “qualidade ou estado úmido ou ligeiramente molhado”.

Devido à complexidade dos fenômenos causados pela água nas edificações e a falta de pesquisas e ensaios realizados nessa área, a umidade ainda representa um dos problemas mais complexos a serem corrigidos dentro da engenharia civil. O aparecimento frequente de problemas ocasionados por umidade é decorrente de características construtivas adotadas pela arquitetura moderna assim como os novos materiais e sistemas construtivos empregados nas últimas décadas (PEREZ, 1988)

### 2.1 UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES

Na engenharia, os problemas relacionados a água estão diretamente relacionados com as manchas de umidade ou penetração da água, que geram problemas complicados de se resolver, como:

- Prejuízos no uso do edifício;
- Danos aos usuários, que podem afetar até mesmo a saúde;
- Problemas em aparelhos da habitação;
- Danos financeiros.

A manifestação destes problemas pode ocorrer em várias áreas da construção, como fachadas, pisos e paredes, e normalmente são efeitos de uma única causa.

VERÇOZA (1991) diz que a umidade não é só uma causa das patologias, é também responsável pela maioria dos problemas nas edificações. É o fator principal para o surgimento de mofos, ferrugens, queda de rebocos e também eflorescências.

### 2.2 UMIDADE EM PISOS

Segundo KLEIN (1999), a umidade em pisos se dá através de três meios:

- Vazamentos nos sistemas de esgoto e água fria/quente;
- Penetração de água da chuva;
- Percolação por capilaridade.

VERÇOZA (1991) comenta que é difícil identificar o local do vazamento dos sistemas de água e esgoto e de realizar sua correção, pois na maioria dos casos estes vazamentos estão no interior da construção, tornando o reparo um processo muito caro e igualmente trabalhoso.

A chuva é o fator mais relevante para gerar umidade, tornando necessário levar em consideração sua direção, intensidade de precipitação, velocidade do vento e também os métodos de impermeabilização utilizados no desenvolvimento da obra, pois são eles que irão impedir e combater a ação da água da chuva.

Sobre capilaridade, se trata da água que sobe do solo úmido (umidade ascensional). Ela ocorre nos baldrame das edificações, devido às próprias condições do solo úmido e também devido à falta de sistemas de impermeabilização da fundação (VERÇOZA, 1991).

### **2.2.1 Umidade ascendente**

A umidade ascendente é aquela que vem do solo e sobe pela edificação ocasionando patologias. O método mais eficiente para atribuir estanqueidade a pisos (e para a estrutura como um todo) é a impermeabilização, representada pelo uso de diversas técnicas de aplicação e de diferentes materiais (cimentícios, asfálticos e poliméricos) a fim de impedir a passagem de umidade (XAVIER, 2017).

A NBR 15575 (ABNT, 2013) aumentou o nível de exigência em relação ao desempenho de diversos elementos de uma edificação residencial, dentre eles o piso. No que tange à proteção do piso contra umidade, a norma destaca um tópico que discorre sobre a estanqueidade de pisos sujeitos à umidade ascendente.

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013) os sistemas de pisos devem ser estanques à umidade ascendente, considerando-se a máxima altura do lençol freático prevista para o local da obra. O projeto deve indicar o sistema construtivo que impeça a ascensão para o sistema de piso da umidade ascendente quanto a:

- estanqueidade à umidade;
- resistência mecânica contra danos durante a construção e utilização do imóvel;
- previsão eventual de um sistema de drenagem.

### 2.2.2 Eflorescência

Para Junginger e Medeiros (2002), eflorescência significa a formação de estruturas salinas sobre uma superfície qualquer. Para que esse fenômeno ocorra, são necessários três fatores: água, gradiente hidráulico e a presença de sais. A umidade, quando atravessa os poros da estrutura, dissolve os sais presentes e os carrega até a superfície podendo causar modificações apenas estéticas ou até danos estruturais. No primeiro caso ela apresenta apenas modificações estéticas, mas no caso de danos estruturais pode até causar degradação profunda.

Quimicamente a eflorescência é constituída por sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio), solúveis ou parcialmente solúveis em água. Diante disso, pela água da chuva ou do solo, o elemento irá estar saturado e os sais serão dissolvidos. Depois a solução migra para a superfície e, por evaporação, a água sai, deixando, na base do elemento, um depósito salino (SOUZA, 2008).

Estes sais que causam as eflorescências podem estar na atmosfera, que podem se depositar e acarretar a mesma. É o caso comum de algumas zonas industriais, que são carregadas de sais e pode ser visto na Figura 1 (VERÇOZA,1991).

**Figura 1- Eflorescência em sistemas de piso**



Fonte: CIMENTO MAUÁ, 2018

## 2.3 PREVENÇÃO

A infiltração é um dos piores inimigos de uma casa ou edifício, podendo até gerar problemas de saúde nos moradores. Geralmente com aparência inofensiva em seus estágios iniciais, as infiltrações acabam por não serem tratadas da forma como deveria e assim podem causar grandes danos em diversas áreas da edificação. Os sinais das patologias costumam aparecer por meio de manifestações como trincas e rachaduras, que permitem a penetração da água da chuva e o agravamento do problema (INSTITUTO IDD, 2018).

Evitar as infiltrações é bem mais simples do que combatê-las. Uma das maneiras mais utilizadas para evitar essa umidade indesejada, é realizar a aplicação de impermeabilizantes adequados para cada tipo de superfície, seguir as especificações do projeto, utilizar bons materiais, ter mão de obra especializada e a utilização de impermeabilizantes específicos para cada etapa, reduzindo futuros gastos com reparos (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2017).

Ainda pensando na questão de evitar problemas de infiltração, é de suma importância investir na impermeabilização das fundações como apresentado na Figura 2. Lembrando sempre de atender as necessidades específicas de cada situação. Para o acabamento interno e externo da casa ou edificação, utilizar sempre impermeabilizantes de qualidade (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2017).

**Figura 2 - Sistema de impermeabilização de fundação**



Fonte: NETO, 2012

### 2.3.1 Sistema de impermeabilização

A determinação do sistema adequado de impermeabilização varia de acordo com as condições impostas pelo fluido, conforme especificado na NBR 9575 (ABNT, 2010) Impermeabilização-Seleção e Projeto. No caso de piso, a característica do fluido é a ascensão advinda do solo. Portanto é necessário que se faça a impermeabilização a partir da fundação. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) ressalta que independentemente do tipo de impermeabilização usado, deve-se extinguir a possibilidade de percolação (deslocamento de água através do solo).

Os sistemas de impermeabilização adotados pela NBR 9575 (ABNT, 2010) devem resistir às cargas estáticas e dinâmicas atuantes sob e sobre a impermeabilização, aos efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato e revestimentos, ocasionados por variações térmicas, à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas. Os sistemas devem atender a uma ou mais dessas exigências.

Esses sistemas são divididos em sistemas flexíveis ou sistemas rígidos e devem atender a NBR 9575 (ABNT, 2010). Existe ainda sistemas semiflexíveis, assim denominados por ter características intermediárias, porém não são reconhecidos pela norma brasileira. A definição de qual sistema utilizar dependerá de fatores como exposição a intempéries, solicitação que a água impõe na parte que apresenta necessidade de impermeabilização, tendência da área à movimentação (SILVA, 2015).

É elementar incorporar desde a fase de projetos um sistema de impermeabilização eficiente, garantindo uma edificação livre das possíveis patologias causadas pela água, e consequentemente mais segura.

#### 2.3.1.1 Sistemas rígidos

Os impermeabilizantes rígidos têm como características o módulo de elasticidade próximo ao do concreto ou da argamassa sobre o qual será aplicado, além de ser o tipo mais comum encontrado no mercado (SILVA, 2015).

Vedacit (2000) diz que os impermeabilizantes rígidos têm a função de tornar a área impermeável incluindo aditivos químicos, complementando a granulometria dos agregados e na redução de porosidade dos elementos. Impermeabilizantes rígidos não trabalham junto com a estrutura, o que elimina o uso em áreas expostas a variações de temperaturas. Estas



modalidades de impermeabilização são indicadas para locais que não estejam sujeitos a fissuras e trincas.

Para a NBR 9575 (ABNT, 2010), impermeabilização do tipo rígido deve ser de:

- a) Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo;
- b) Argamassa polimérica;
- c) Cimentos Impermeabilizantes.

#### *2.3.1.1.1 Argamassas impermeáveis*

Quando se fala de argamassa impermeável, se trata de uma mistura de cimento, areia, aditivo hidrófugo e água. Não é um sistema industrializado, mas realizado em canteiro com os hidrofugantes que são comercializados em forma líquida. Tem como característica impermeabilizar concretos e argamassas pela redução dos poros dos substratos. Ela pode ser adicionada ao concreto ou utilizada na preparação de argamassa impermeável de revestimento diretamente evitando o surgimento de eflorescências, seu efeito é permanente e possibilita uma espessura de camada impermeável maior. A argamassa impermeável não promove maior resistência à estrutura, caso esta não tenha sido corretamente dimensionada e vier a trincar, a argamassa impermeável também será trincada. Sua aplicação é apresentada na Figura 3 (CICHINELLI, 2012).

**Figura 3 - Aplicação de argamassa impermeável**



Fonte: CAZZAMIX, 2012.

### 2.3.1.1.2 Argamassa polimérica

Já a argamassa polimérica, também chamada de sistema semiflexível, é um produto industrializado composto por duas partes: uma parte em pó, composta por cimento, areia e agregados minerais, e outra líquida, com polímeros que conferem flexibilidade ao conjunto. Podem ter uma grande variedade de aplicações e de propriedades em função do teor de resinas utilizadas em sua fabricação e a forma de aplicação é mostrada na Figura 4. Sua formulação é indicada para revestir contra pisos antes de receber as placas cerâmicas e também recuperar elementos estruturais permitindo a aplicação em áreas molhadas e molháveis, aumentando a impermeabilidade do conjunto (PRADO,2011).

**Figura 4 - Aplicação de argamassa polimérica**



Fonte: OLIVEIRA DA SILVA, 2014.

As argamassas, membranas e concretos cimentícios, modificados com polímeros, permitem também as regularizações, correções e proteções de baixa, média e alta espessura, devido às diversas propriedades, como aderência física e química, flexibilidade e impermeabilidade. Com isso, as argamassas modificadas podem prevenir as estruturas contra fissuras de retração e deslocamentos (PRADO, 2011).

### 2.3.1.1.3 Cimentos Impermeabilizantes

Também chamado de cimento cristalizante, o cimento impermeável possui compostos de sílica e compostos químicos ativos, que reagem com a umidade do concreto fresco, formando cristais insolúveis que obstruem os poros e capilares da estrutura de concreto. Nessa linha de produtos, existem os cimentos de pega ultrarrápida e alguns produtos líquidos que, misturados

ao cimento Portland, têm início de pega em menos de dez segundos. São usados como auxiliares de impermeabilização para tamponamentos em jorros d'água, mas necessitam receber uma posterior impermeabilização com argamassas poliméricas (CICHINELLI, 2012).

Outro tipo são os cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas que são injetados e, por efeito de cristalização, preenchem a porosidade das alvenarias de tijolos maciços, bloqueando a umidade ascendente.

Geralmente a sua aplicação se dá com o auxílio de uma furadeira, como mostrado na Figura 5. Deve-se fazer furos em 45° com distância de 5 cm a 10 cm, um ao lado do outro desde o rodapé até a altura indicada conforme se apresenta a patologia em cada caso. Cada furo deverá ser saturado com água, e posteriormente deve-se aplicar o cristalizante em cada furo. Aguardar 24 horas, refazer os furos com a furadeira, colocar novamente água em cada furo e reaplicar o cristalizante. A água funciona como veículo do cristalizante, este por sua vez irá penetrar e tamponar as porosidades da alvenaria (OLIVEIRA DA SILVA, 2014).

**Figura 5 - Aplicação de cristalizante**



Fonte: OLIVEIRA DA SILVA, 2014

#### 2.3.1.2 Sistemas flexíveis

Vedacit (2000) comenta que impermeabilizantes flexíveis compreendem a estrutura e sua variação de temperatura, assim trabalhando junto com ela, podendo ser aplicável nas áreas construtivas onde estão sujeitas a fissuração.

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010) a impermeabilização flexível é um conjunto de produtos ou materiais, aplicado em partes construtivas que estão sujeitas a fissuração. Os

impermeabilizantes utilizados são: membranas asfálticas moldadas a quente ou a frio, membranas de poliuretano, poliuretano com asfalto, mantas asfálticas e emulsão asfáltica para impermeabilização

#### *2.3.1.2.1 Aplicação a quente*

Os produtos empregados para moldagem ou aplicação a quente são os asfaltos obtidos do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo), modificados com ou sem adição de polímeros elastoméricos. São estruturados com véu de fibra de vidro ou de poliéster, armaduras que absorvem eventuais esforços introduzidos ou transmitidos à massa asfáltica, conferindo-lhe resistência mecânica. Este tipo de material é indicado para impermeabilização de lajes, telhados e terraços. Sua aplicação é apresentada na Figura 6 (CICHINELLI, 2012).

**Figura 6 - Aplicação de membrana a quente**



Fonte: GEOCONTRACT, 2018

#### *2.3.1.2.2 Aplicação a frio*

As membranas asfálticas moldadas a frio são aplicadas em forma de pintura, em temperatura ambiente e dispensa o uso de equipamentos que aqueçam o produto.

Para membranas a frio, são empregadas as emulsões asfálticas, os asfaltos elastoméricos em emulsão, o polipropileno e polietileno clorossulfonado, o poliisobutileno isopreno em

solução, o estireno-butadieno-estireno, os poliuretanos modificados ou não com asfalto, a poliuréia, os polímeros modificados com cimento, o epóxi modificado ou não, e os acrílicos obtidos através de ácidos acrílicos ou metacrílicos e de seus derivados. Podem ser estruturados ou não com véu de fibra de vidro, ou de poliéster, e telas de não-tecido de poliéster. Porém, antes da escolha do produto, é importante observar as propriedades físico-químicas exigidas à camada impermeável e, portanto, verificar se o sistema resistirá aos ataques químicos ou agressões físicas. São utilizadas em superfícies como: pequenas lajes horizontais ou abobadadas, terraços, sacadas, cozinhas, banheiros e áreas de serviço. Um exemplo de sua aplicação é apresentado na Figura 7 (CICHINELLI, 2012).

**Figura 7 - Aplicação de membrana a frio**



Fonte: GEOCONTRACT, 2018.

### **3 NORMA DE DESEMPENHO**

#### **3.1 CONCEITO**

De acordo com Suarez (2015), as definições de qualidade estão centradas no cliente, em que a qualidade do produto se condiciona às avaliações do mesmo e esta se dá de maneira intuitiva e comparativa. Desta forma, medir o desempenho é algo difícil de se realizar já que passa pelo conhecimento subjetivo e opiniões pessoais. Na construção civil, segundo Borges (2008), o entendimento de desempenho é relacionado ao comportamento em uso das edificações dentro de determinadas condições.

Silva (2013) diz que o entendimento de desempenho deve estar relacionado com a realidade técnica e socioeconômica de cada país, além de abordar o comportamento das edificações em virtude das expectativas que os usuários têm nas mesmas dentro de um determinado prazo de vida útil, submetido às condições de uso e operação e às características de exposição às quais estarão sujeitos os materiais, componentes e sistemas da edificação.

#### **3.2 NORMATIZAÇÃO DO DESEMPENHO**

Com a intenção de atingir a qualidade nas edificações, para que sejam atendidas as necessidades dos usuários de maneira satisfatória e proporcione segurança e conforto, é de grande importância que se tenha exigências possíveis de serem medidas, a fim de alcançar parâmetros a serem seguidos.

Diversos fatores influenciaram a evolução da Norma de Desempenho no Brasil, para Borges (2008), um deles foi o momento favorável ao aumento da construção civil no país, que impulsionou os estudos e aprofundamentos no tema. Após várias discussões e outras tentativas de resolver a falta de normatização e parâmetros acerca do desempenho na construção civil brasileira, em maio de 2008 entrou em vigor a primeira versão da norma brasileira de desempenho.

A NBR 15575 (ABNT, 2008) contemplava unidades habitacionais de até cinco pavimentos. Considerou-se que essa norma impôs grandes dificuldades a engenheiros, arquitetos, construtoras e indústrias de materiais, já que muitos dos requisitos exigidos eram inéditos na época. Sendo assim, o setor da construção civil conseguiu que fosse estendido o prazo para sua exigibilidade. Enquanto isso foram revistos seu texto e atualizadas as

metodologias de avaliação. Esse intervalo de tempo também permitiu que os fabricantes adequassem seus produtos para atender às exigências normativas (CAU, 2016).

### 3.3 ATUALIZAÇÃO DA NORMA

Após a revisão da primeira versão da Norma de Desempenho, em 19 de julho de 2013 passou a vigorar a sua versão revisada, a NBR 15575 Edificações Habitacionais – Desempenho, de abrangência nacional e que não anula as normas anteriores e legislações regionais.

Segundo esclarecimentos prestados pela Câmara Brasileira da Indústria e da Construção (CBIC, s.d.), esta norma não restringe a algum sistema construtivo em específico, já que contempla os diferentes elementos da construção civil, independente do material ou forma. Por isso, já que não aborda como a edificação deve ser feita, considera-se que a Norma de Desempenho abre caminhos para as novidades na construção civil, uma vez que são contemplados sistemas inovadores, que as normas prescritivas não abrangem, por não terem sido usados durante certo período de tempo.

Ainda segundo CBIC (s.d.), a norma é considerada tanto qualitativa como quantitativa e por determinar as necessidades dos usuários que o edifício deve atender como um todo ela se diferencia das normas prescritivas. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) estabelece valores mínimos de desempenho baseados na durabilidade e no comportamento do sistema, e devem ser obrigatoriamente cumpridos.

Além dos valores mínimos a norma apresenta também os valores intermediários e superiores de desempenho, sendo estes sem caráter obrigatório. A norma abrange as edificações habitacionais e, portanto, exclui as outras tipologias. Não são abordadas também as edificações já concluídas, os projetos protocolados ou as obras que já tinham iniciado sua execução até a data de vigência da norma.

### 3.4 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-1 – REQUISITOS GERAIS (ABNT, 2013)

A norma é formada por seis partes, e essa divisão possibilita avaliar a edificação de forma geral ou também de forma isolada para cada sistema específico. A avaliação e cumprimento do desempenho estipulado em Norma foi pensada por meio da definição de requisitos, critérios e seus respectivos métodos de avaliação.

A primeira parte apresenta os requisitos gerais que se aplicam aos edifícios conforme as exigências principais dos usuários. As outras cinco partes são referentes a cada sistema que compõe uma edificação, como: sistemas estruturais, pisos internos e externos, vedações verticais e horizontais, cobertura e sistemas hidrossanitários. Nos requisitos pode-se inclusive solicitar que se atenda a outras normas, especificações de materiais e execução de serviços.

Tratando de desempenho estrutural e levando em conta o estado limite da estrutura, é possível estabelecer condições a partir das quais, verifica-se se o desempenho é adequado ou não às finalidades das edificações.

Em relação à segurança contra incêndio, a norma tem o intuito de proteger a vida dos ocupantes em caso de incêndio, dar condições de acesso ao corpo de bombeiros, garantindo condições para o socorro público, facilitar a saída dos ocupantes da edificação, dificultar a propagação do incêndio e proporcionar meios para o controle do fogo, além de evitar ou minimizar os danos à edificação, meio ambiente e patrimônio.

A segurança no uso e operação dos sistemas e componentes do edifício habitacional deve ser considerada em projeto, especialmente as que dizem respeito a agentes agressivos (proteção contra queimaduras e pontos e bordas cortantes).

Falando sobre estanqueidade, devem ser verificados e considerados todos os tipos de interações da água com o edifício, pois a umidade é responsável por acarretar a perda das condições de habitabilidade. É importante que seja pensado ainda em fase de projeto, uma vez que problemas de infiltração nas edificações, depois de concluídas, além de ser de difícil resolução, acelera os mecanismos de deterioração e ocasiona perda das condições de habitabilidade e de higiene da edificação.

Na parte de desempenho térmico, acústico e lumínico são apresentados procedimentos normativos e informativos para propiciar a medição, garantindo que a edificação apresente temperatura agradável independente da estação do ano. Muitas vezes, os ruídos nos ambientes além de serem incômodos podem ser danosos dependendo da atividade desenvolvida, por isso a norma apresenta medições para que os ruídos no interior da edificação não sejam incômodos e danosos. Durante o dia, as dependências da edificação devem receber iluminação natural suficiente para que sejam realizadas as atividades necessárias com segurança e conforto. Para o período noturno, deve ser prevista iluminação artificial de modo que se satisfaça confortavelmente as necessidades dos usuários.



Já a durabilidade da edificação está diretamente associada ao custo global do imóvel e é medida pelo tempo em que a mesma atende de maneira satisfatória as funções que lhe são atribuídas. Entende-se por manutenibilidade a facilidade de manutenção do edifício e seus sistemas. Em relação a saúde, a norma visa garantir que o ambiente interno a habitação seja saudável, evitando a proliferação de microrganismos, fungos e agentes nocivos à saúde.

Equilibrar a construção com o meio ambiente é um quesito extremamente importante pois existem sérios impactos ao meio ambiente resultantes da construção civil, por isso há necessidade de atentar para o consumo consciente de água, deposição dos esgotos sanitários, análise do solo, uso racionalizado dos recursos naturais, tratamento adequado dos resíduos, entre outros.

### 3.5 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-2: REQUISITOS PARA OS SISTEMAS ESTRUTURAIS (ABNT, 2013a)

Na segunda parte da Norma são definidos os critérios de desempenho aplicados ao sistema estrutural do edifício. São apresentadas as verificações relacionadas aos estados limites últimos e de serviço, para que não ocorra os danos a estrutura.

Neste item são apresentados os requisitos para os sistemas estruturais aplicáveis a edificações habitacionais com respeito ao desempenho estrutural, analisado do ponto de vista dos estados-limites último e de serviço. O estado-limite de serviço tem como premissa assegurar a durabilidade quanto a utilização normal da estrutura, limitando a formação de fissuras, a magnitude das deformações e a ocorrência de falhas localizadas que possam prejudicar os níveis de desempenho previstos. O estado-limite último também deve ser analisado.

As exigências referentes ao desempenho térmico, acústico, lumínico e de segurança ao fogo, são os mesmos da parte 1 da norma.

A segurança estrutural é abordada com o objetivo de garantir o atendimento da vida útil de projeto. Para as exigências definidas nesta parte, os requerimentos da norma são mostrados no Quadro 1. A Tabela 1 apresenta critérios de avaliação para faces externas.

**Quadro 1- Requisitos de segurança estrutural**

REQUISITOS	EXIGÊNCIAS
Estabilidade e resistência do sistema estrutural e demais elementos com função estrutural.	O nível mínimo contra ruínas deve ser apresentado, levando em consideração as combinações de carregamento com a maior probabilidade de ocorrer, as que se referem ao estado-limite último. Além disso, componentes que possuem a função de vedação devem ter capacidade de transferir o seu peso próprio e esforços externos à estrutura.
Deformações ou estados de fissuração do sistema estrutural.	Não deverá ocorrer deslocamentos ou fissuras excessivas nos elementos de construção relacionados ao sistema estrutural, considerando-se as ações permanentes e de utilização, e também não deverá ocorrer o impedimento do livre funcionamento de elementos e componentes da edificação, como portas e janelas.
Impacto de corpo mole e duro.	A estrutura não deve sofrer ruptura ou instabilidade sob as energias de impacto estabelecidas nas tabelas abaixo. Caso este requisito seja verificado, é dispensada a verificação de requisitos por outras normas.

Fonte: ABNT, 2013a

**Tabela 1- Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada da edificação, em exteriores acessíveis ao público – Impacto de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
720	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
480	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
360	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
240	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $dh < h/250$ e $dhr < h/1\ 250$ para pilares, sendo h a altura do pilar $dh < L/200$ e $dhr < L/1\ 000$ para vigas, sendo L o vão teórico da viga
180	Não ocorrência de falhas
120	Não ocorrência de falhas

Fonte: ABNT, 2013a

Se tratando da durabilidade do edifício, a norma define que deve ser conservado a segurança e a estabilidade durante toda à sua vida útil. Manutenções de correção também devem ser previstas.

### 3.6 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-3: REQUISITOS PARA OS SISTEMAS DE PISOS (ABNT, 2013b)

De acordo com a NBR 15575-3 (ABNT, 2013b), o sistema de piso é apresentado como “sistema horizontal ou inclinado composto por um conjunto parcial ou total de camadas destinado a cumprir a função de estrutura, vedação e tráfego”.

Para a avaliação do desempenho dos revestimentos de pisos internos, é necessário estabelecer os requisitos, critérios e os métodos de avaliação exigidos pela norma brasileira. Para isso, estão relacionados os requisitos de desempenho da Norma NBR 15.575-3 (ABNT, 2013b).

#### 3.6.1 Desempenho estrutural

A norma define que o desempenho estrutural de pisos deve ser avaliado com base na sua estabilidade e resistência estrutural, limitação dos deslocamentos verticais e resistência a impactos.

Os dois primeiros itens devem atender aos critérios especificados na segunda parte da norma. Para resistir aos impactos de corpo-mole a NBR 15575-3 (ABNT,2013b) estipula que o revestimento de piso deva ser submetido a um ensaio padronizado, através de diferentes energias de impacto, segundo a Tabela 2.

A resistência aos impactos de corpo-duro, os quais podem ser produzidos durante a vida útil de projeto da edificação, traduz-se na energia de impacto a ser aplicada em sistemas de pisos. Os impactos com maiores energias referem-se ao estado-limite último, sendo os de utilização aqueles com menores energias. Estes impactos correspondem a choques acidentais gerados pela própria utilização da edificação. ABNT, 2013b.

Segundo essa tabela, os revestimentos de pisos devem resistir, sem apresentar falhas, a energias de impacto de até 360 J, respeitando os limites para deslocamentos instantâneos verticais e deslocamentos residuais verticais. Estes deslocamentos são medidos em milímetros,

e correspondem ao afastamento entre a elástica e o plano original da placa, quando submetida ao carregamento.

**Tabela 2- Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo mole em pisos**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
720	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
480	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
360	Não ocorrência de falhas
240	Não ocorrência de falhas Limitação de deslocamento vertical $dv < L/300$ ; $dvr < L/900$
120	Não ocorrência de falhas

Fonte: ABNT, 2013b.

Para a resistência aos impactos de corpo-duro, a NBR 15.575-3 (ABNT, 2013b) não permite que o revestimento de piso sofra ruptura total com uma energia de impacto de 5J, conforme especificado na Tabela 3, e submete a avaliação desta resistência às normas específicas de cada produto utilizado.

**Tabela 3 - Critérios e níveis de desempenho para impacto de corpo duro em sistemas de pisos**

Energia de impacto de corpo duro J	Critério de desempenho
5	Não ocorrência de ruptura total da camada de acabamento Admitidas falhas superficiais como mossas, lascamentos, fissuras e desagregações
30	Não ocorrência de ruína e traspasse Admitidas falhas superficiais como mossas, fissuras, lascamentos e desagregações

Fonte: ABNT, 2013b.

### 3.6.1.2 Cargas verticais concentradas

Segundo a NBR 15.575-3 (ABNT, 2013b), os revestimentos de pisos devem resistir a cargas verticais concentradas de 1 kN aplicadas no ponto mais desfavorável, não devendo, portanto, apresentar deslocamentos verticais superiores a  $L/500$ , para materiais rígidos e  $L/300$ , para materiais dúcteis.

### 3.6.2 Segurança ao fogo

Os revestimentos de pisos internos podem contribuir para retardar a velocidade do incêndio se possuírem propriedades incombustíveis ou retardadoras de chamas. Para o requisito de resistência ao fogo, a camada de revestimento tem um papel secundário na propagação do incêndio entre unidades contíguas, em razão da sua reduzida espessura. A camada de revestimento possui importância fundamental no requisito de facilidade de fuga, pois sua contribuição para a geração de fumaça no ambiente pode ser intensa, dependendo do tipo de material utilizado.

Para a segurança ao fogo em sistemas de piso são estabelecidos dois requisitos na NBR 15575-3 (ABNT, 2013b), além dos requisitos da primeira parte da norma. As indicações da norma são indicadas no Quadro 2.

**Quadro 2 - Requisitos de segurança contra o fogo na NBR 15575-3 (ABNT, 2013b)**

REQUISITOS	RECOMENDAÇÕES DA NORMA
Dificultar a ocorrência da inflamação generalizada.	Deve ser dificultada a ocorrência de uma inflamação generalizada no local de origem do incêndio, e não deve ser gerada fumaça suficiente para impedir a fuga dos ocupantes. O critério usado é a classificação dos sistemas de piso de diferentes recintos da edificação de acordo com o seu uso e material utilizado. São analisados tanto a face inferior do piso quanto a face superior, e para cada classe, as características relacionadas à propagação de chamas devem respeitar os limites estabelecidos pela norma.
Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação.	Neste requisito, os seguintes critérios são analisados: Resistência ao fogo de elementos de compartimentação entre pavimentos e elementos estruturais associados; Selagem corta-fogo nas prumadas elétricas e hidráulicas; Selagem corta-fogo de tubulações de materiais poliméricos; Registros corta-fogo nas tubulações de ventilação; Prumadas enclausuradas; Prumadas de ventilação permanente; Prumadas de lareiras, churrasqueiras, varandas gourmet e similares; Escadas, elevadores e monta-cargas.

Fonte: ABNT, 2013b.

### **3.6.3 Estanqueidade**

Neste item é estabelecido o desempenho mínimo necessário do sistema de pisos com relação a estanqueidade na NBR 15575-3 (ABNT, 2013b). Áreas molháveis não são estanques, portanto, o conceito de estanqueidade não é aplicado.

Os sistemas de pisos devem ser estanques umidade ascendente, pois esta pode danificar o sistema e colocar em risco a saúde dos usuários. Deve ser especificado em projeto um sistema de drenagem e levar em consideração a escolha de bons materiais. É de extrema importância evitar riscos à saúde dos usuários e quaisquer tipos de danos a camada de acabamento dos pisos.

Os sistemas de pisos de áreas molhadas não podem permitir o surgimento de umidade, permanecendo a superfície inferior e os encontros com as paredes e pisos adjacentes que os delimitam secas, quando submetidos a uma lâmina de água de no mínimo 10 mm em seu ponto mais alto, por 72 h. ABNT, 2013b.

### **3.6.4 Desempenho térmico e acústico**

Em relação a acústica, a norma define que devem ser considerados o isolamento de ruídos de impactos físicos, como queda e caminhamento e também de ruídos aéreos (conversas e som de aparelhos domésticos). As exigências de desempenho térmico não se aplicam a esta parte da norma. O desempenho lumínico está de acordo com a NBR 15575-1(ABNT, 2013).

### **3.6.5 Durabilidade e manutenibilidade**

Sendo esta parte o centro da realização deste trabalho, a durabilidade é de extrema importância para os edifícios habitacionais, uma vez que pode afetar diretamente a saúde de seus moradores. Segundo a norma NBR 15575-3 (ABNT, 2013b), os sistemas de pisos não devem apresentar alta sensibilidade a serviços comuns realizados pelos usuários, ou seja, não devem ter suas características estáticas e estruturais alteradas nem mesmo em função do envelhecimento natural das peças. Métodos de avaliação são descritos neste item e são relacionados com a resistência a umidade, a ataques químicos e desgastes por uso. Os requisitos ligados a saúde, higiene e qualidade do ar são considerados na NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

### 3.6.6 Funcionalidade e acessibilidade

Um requisito extremamente importante para edifícios habitacionais é a acessibilidade a portadores de deficiência física. O sistema de pisos está diretamente ligado a essa questão pois deve proporcionar mobilidade para estes usuários e ser adaptado àqueles com mobilidade reduzida. Este item deve ser considerado principalmente na fase de projeto, que deve indicar os locais de sinalização e sua respectiva instalação e principalmente adequar escadas, rampas e desníveis para o conforto destes usuários.

Falando sobre conforto, é necessário entender que o valor da habitação não está ligado apenas a funcionalidade de seus itens, mas também a estética atribuída aos locais de habitação. É de conhecimento geral que a estética é uma característica subjetiva, mas ainda assim a norma estabelece alguns critérios relacionados a planeza do sistema de pisos indicando os limites de ondulações nas camadas de acabamento.

### 3.7 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-4: SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS (ABNT, 2013c)

A parte quatro da NBR 15575 trata dos sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais, que se integram de uma forma muito peculiar aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando o desempenho da edificação habitacional. Mesmo sem função estrutural, as vedações podem sofrer as ações causadas pelas deformações das estruturas, sendo assim necessário realizar uma análise em conjunto dos elementos que interagem (PEREIRA, 2014).

Interagindo com outros componentes do sistema, as vedações verticais também participam de outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmico e acústico e divisão de ambientes em casos de incêndio. Caso necessário podem assumir função estrutural, devendo atender a NBR 15575-2 (ABNT, 2013a).

Tratando-se da segurança contra incêndio, é importante dificultar a propagação do foco do incêndio para os demais ambientes da habitação, preservar a estabilidade estrutural da edificação e não produzir fumaça em excesso, garantindo assim uma fuga mais segura para os ocupantes em situações de incêndio.

O conceito de estanqueidade deve ser aplicado e os sistemas de vedação devem impedir a infiltração da água proveniente da chuva (sistemas de vedações verticais externas - fachadas)

e a infiltração de água, por meio de suas faces, quando em contato com áreas molhadas e molháveis (vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel).

Para avaliar o desempenho térmico, a construção deve apresentar transmitância térmica e capacidade térmica que proporcionem pelo menos o desempenho mínimo estabelecido para cada zona bioclimática e apresentar aberturas com dimensões adequadas para garantir a ventilação interna ideal dos ambientes (este só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios). O desempenho acústico é definido por requisitos e critérios de verificação do isolamento entre os meios externo e interno, os valores normativos são concebidos por meio de ensaios realizados em campo (PEREIRA, 2014).

Em relação à durabilidade, as paredes externas devem resistir a exposição ao calor e resfriamento comuns na vida útil da edificação, os deslocamentos, as fissuras e as falhas tanto nos revestimentos quanto nas paredes externas devem ser limitados. A funcionalidade e as características estéticas devem ser mantidas de acordo com o envelhecimento natural dos materiais durante sua vida útil. Em relação a manutenibilidade, é necessário manter a capacidade funcional durante a vida útil de projeto, desde que sejam garantidas as manutenções periódicas especificadas pelos respectivos fornecedores.

Os requisitos de uso e operação, desempenho lumínico, saúde, conforto e adequação ambiental correspondem aos mesmos já apresentados na primeira parte da NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

### 3.8 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-5: REQUISITOS PARA SISTEMAS DE COBERTURAS (ABNT, 2013d)

A quinta parte da norma se refere às exigências dos usuários e aos requisitos referentes aos sistemas de coberturas, que contribuem com algumas funções indispensáveis nas edificações habitacionais, como preservação da saúde dos usuários e a própria proteção do corpo da construção, interferindo diretamente na sua durabilidade.

De acordo com os requisitos estruturais, o edifício deve apresentar segurança contra a ruína e não apresentar quaisquer irregularidades que possam prejudicar os sistemas de coberturas ou os sistemas contíguos, levando em consideração as ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil da edificação. Devem também suportar cargas equivalentes à pessoas e objetos durante a montagem e futuras manutenções e garantir o uso dos sistemas de cobertura sem ocasionar danos à edificação ou aos usuários. As cargas de luminárias e de ocupações nos



forros devem ser consideradas em projeto, juntamente com a resistência a ação do granizo e outras possíveis cargas acidentais nos telhados.

O objetivo da norma quando se trata de incêndios na parte de cobertura é dificultar a propagação do foco do incêndio para os demais ambientes da habitação, não produzir fumaça em excesso, garantindo assim uma fuga mais segura para os ocupantes em situações de incêndio. A estrutura dos sistemas de cobertura, devem resistir no mínimo 30 minutos de exposição às chamas. Manutenções e montagem em dispositivos instalados tanto sobre quanto sob a cobertura devem ser consideradas pois devem ser realizadas com segurança.

O conceito de estanqueidade no sistema de cobertura deve ser utilizado para conter condições de salubridade no ambiente habitável, sendo impermeável a água da chuva, evitando a formação de umidade e a proliferação tanto de insetos quanto de microrganismos. Em relação a desempenho térmico a norma exige que o ambiente apresente transmitância térmica e absorção a à radiação solar que proporcionem um desempenho apropriado para cada zona bioclimática (PEREIRA, 2014).

No que se trata do desempenho acústico deve-se avaliar o isolamento de som aéreo de fontes de emissão externas e o som resultante de ruídos de impacto em edificações que facultam acesso coletivo à cobertura. São considerados o isolamento de sons aéreos do conjunto fachada/cobertura de edificações e o nível de ruído de impacto no piso (caminhamento, queda de objetos e outros) para as coberturas acessíveis de uso coletivo.

As relações e exigências quanto a desempenho lumínico, durabilidade, saúde, conforto e adequações ambientais são equivalentes à NBR 15571-1(ABNT,2013).

### 3.9 A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15575-6: SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS (ABNT, 2013e)

As instalações hidrossanitárias são responsáveis diretas pelas condições de saúde e higiene requeridas para a habitação, e devem ser incorporadas à construção garantindo a segurança de seus usuários. Devem também estar em harmonia com a deformabilidade das estruturas, interações com o solo e características físico-químicas dos demais materiais que estarão diretamente relacionados.

Na parte de segurança estrutural, os sistemas hidrossanitários devem resistir às solicitações mecânicas durante o uso e não provocar golpes e vibrações que possam danificar a estabilidade estrutural. Em relação a segurança contra incêndios a edificação deve possuir

reservatório de água fria com volume de água suficiente para o combate a incêndio, além do volume de água necessário para o consumo. A edificação também deve dispor de extintores de incêndio conforme legislação vigente na aprovação dos projetos e evitar a propagação de incêndio entre os pavimentos. Choques elétricos e queimaduras em equipamentos de aquecimento e em eletrodomésticos ou eletroeletrônicos devem ser previstos e evitados quando em operação e uso normal. O objetivo da norma é garantir a utilização segura dos usuários.

As tubulações do sistema devem apresentar estanqueidade em relação a água fria, quente e ao esgoto quando sujeitos às pressões previstas no projeto. Esta norma estabelece um método de medição dos ruídos gerados por equipamentos prediais e apresenta valores de níveis de desempenho de caráter não obrigatório.

Tratando da saúde dos usuários, segundo a norma, deve-se evitar contaminação da água a partir dos componentes das instalações, com introdução de substâncias tóxicas ou impurezas e evitar também contaminação do ar ambiente pelos equipamentos por geração de gás. Não se deve utilizar material ou componente que permita o desenvolvimento de bactérias ou outras atividades biológicas, as quais provocam doenças, evitando contaminações biológicas.

Sabendo do impacto ambiental causado pelo consumo e descarte da água, a norma tem como objetivo promover a economia de água da rede pública, reduzindo assim o volume de esgoto direcionado ao tratamento sem aumento da probabilidade de doenças ou perda da satisfação do usuário representada pelas condições estabelecidas nesta parte da norma. Deve-se evitar a contaminação do solo e lençol freático. Os requisitos de durabilidade são equivalentes a parte 1 da NBR 15575(ANBT, 2013), já a parte de desempenho térmico e lumínico não são aplicados aos sistemas hidrossanitários.

#### 4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O desenvolvimento experimental tem como característica a realização de ensaios que possam determinar os efeitos causados por um ou mais fenômenos atuantes. A pesquisa deste trabalho tem como intenção realizar o ensaio sugerido pela norma de desempenho NBR 15575-3(ABNT, 2013b) em relação à estanqueidade, avaliando o desempenho do sistema de piso quando em contato com água.

A estanqueidade do sistema de piso é verificada por meio de ensaios que consistem na aplicação direta de água no sistema, seja ele executado tanto em campo quanto em laboratório, com a intenção de determinar o desempenho desse sistema em relação aos possíveis efeitos da umidade. O ensaio deste presente trabalho foi realizado em campo, no edifício Avenida Parque, localizado na Avenida Universitária, número 1257, Santa Isabel, na cidade de Anápolis-GO. O empreendimento conta com uma estrutura com mais de 40000 metros quadrados e possui cinco torres de 28 pavimentos, sendo 25 pavimentos tipo, um pavimento térreo e dois subsolos. A localização do condomínio é apresentada na Figura 8.

**Figura 8 - Localização do empreendimento**



Fonte: GOOGLE, 2019.

De acordo com as necessidades do contratante, o ensaio foi realizado em dois apartamentos indicados nos itens do capítulo seguinte como corpo de prova 1 (cp1) para o apartamento 1 e corpo de prova 2(cp2) para o apartamento 2. Ambos os apartamentos possuem 88,68m<sup>2</sup> e são compostos por 3 quartos (1 suíte), banheiro, sala de estar, cozinha, área de serviço e sacada. É importante ressaltar que apenas as áreas molhadas (área de serviço, sacada e box dos banheiros) e molháveis (cozinha e parte seca do box dos banheiros) foram analisadas.

Os corpos de prova em questão se encontram no primeiro pavimento tipo do edifício e lajes nervuradas foram utilizadas no seu processo de construção. Também foi executado o contra piso para regularizar a superfície e prepará-la para receber a cerâmica. A impermeabilização foi realizada em seguida sobre o contra piso e foi feita com aplicação de argamassa semiflexível da marca Viaplus na sua versão 1000. Tanto as áreas molhadas quanto as áreas molháveis foram impermeabilizadas. Em relação ao porcelanato, foram utilizados dois tipos diferentes sendo ambos da marca Biancogres, e foi aplicada argamassa do tipo AC1 para seu assentamento. Nos banheiros e paredes da cozinha foram utilizados a cor Classic Branco com dimensões 47x47 cm<sup>2</sup>. Nas áreas restantes foi utilizado a cor Cristallo Beige com dimensões 60x60 cm<sup>2</sup>. Para o preenchimento das juntas executivas das peças cerâmicas, foi utilizado rejunte cimentício, que também auxilia na impermeabilização do sistema de piso.

#### 4.1 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

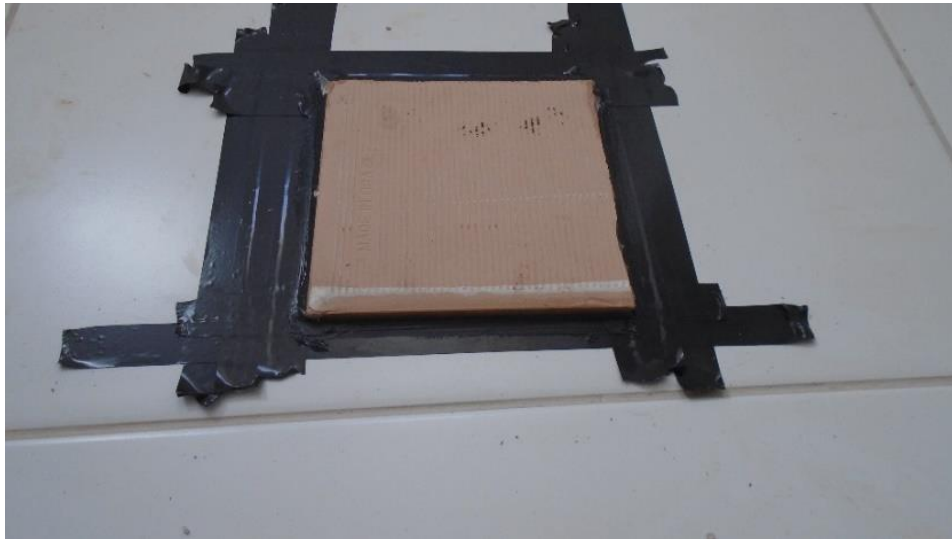
De acordo com o anexo C da NBR 15575-3 (ABNT, 2013b), o primeiro passo a ser dado é o tamponamento dos sistemas de drenagem existentes nas áreas a serem ensaiadas. Como não é especificado pela norma a forma de se realizar esse procedimento, para este trabalho foram utilizados materiais disponíveis na própria obra, como lascas de piso e fitas isolantes. A Figura 9 demonstra o croqui dos corpos de prova com as respectivas áreas ensaiadas e a Figura 10 apresenta tamponamento das drenagens. Para que fosse possível a realização do ensaio, tornou-se necessário construir barreiras que impedissem a água de escorrer para outros ambientes como a sala de estar e a sacada, sendo assim possível a adição da lâmina d'água. Nos banheiros essas barreiras não foram necessárias pois o próprio desnível manteve o nível de água necessário para os testes. Materiais disponíveis no local também foram utilizados nessa etapa como pisos e fitas isolantes, além da cola de silicone para auxiliar na vedação. As Figuras 11 e 12 demonstram o resultado.

**Figura 9- Croqui do apartamento**



Fonte: EMISA, 2019.

**Figura 10 – Tamponamento dos pontos de drenagem**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 11 - Barreiras de vedação lavanderia/sacada**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 12 - Barreiras de vedação cozinha/entrada**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

## 4.2 PROCEDIMENTO DE ENSAIO

O anexo C da norma NBR 15575-3 (ABNT, 2013b) apresenta um método de ensaio que consiste na aplicação de uma lâmina d'água de 10mm de altura, na parte mais alta do ambiente, até cobrir todo o piso. É importante lembrar que apenas áreas molhadas e molháveis devem ser ensaiadas. Deve-se manter a lâmina d'água por 72 horas e, caso necessário, repor a água para que se mantenha sempre com 10mm. Ao fim das 72 horas, toda a água deve ser retirada e após 24 horas, o sistema de piso deve ser avaliado cuidadosamente, identificando possíveis alterações. As alterações especificadas pela NBR 15575-3 (ABNT,2013b) são bolhas, fissuras, empolamentos, destacamentos, descolamentos, delaminações, eflorescências, desagregações e alterações de tonalidade.

Feitos os devidos tamponamentos e vedações para a preparação dos corpos de prova, o ensaio foi iniciado. O preenchimento dos ambientes foi realizado por meio de baldes e a água utilizada foi fornecida pelo próprio sistema hidráulico do prédio em questão. As Figuras 13 e 14 apresentam, respectivamente, o local de abastecimento e a aplicação da água no local. As Figuras 15 e 16 apresentam os ambientes preenchidos com a lâmina d'água.

**Figura 13- Abastecimento de água**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 14 - Aplicação da lâmina d'água**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 15 - Cozinha/área de serviço e varanda com lâmina d'água**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.



**Figura 16 - Banheiro com lâmina d'água**

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Após a aplicação de água em todos as áreas molhadas e molháveis dos corpos de prova, foi desenvolvido um método para verificar se a espessura da lâmina estaria de acordo com as especificações da norma. O método em questão consiste em colocar perpendicularmente a parte interna de uma peça cerâmica em contato com a lâmina d'água e imediatamente em seguida realizar a medição da espessura da marca d'água impressa na mesma. A Figura 17 mostra o procedimento de verificação citado.

Foi considerado necessário a criação desse método pois a NBR 15575-3 (ABNT, 2013b) não fornece nenhum esquema de verificação da espessura da lâmina de água nos ambientes. Alguns testes foram feitos e esse método foi adotado por demonstrar praticidade e maior facilidade de utilização, uma vez que pode ser realizado com materiais disponíveis no próprio local de ensaio.

O processo de verificação apresentado na Figura 17 foi repetido em todos os ambientes a serem ensaiados e desta forma foi encerrado o primeiro dia de ensaio. Seguindo as instruções do anexo C da NBR 15575-3 (ABNT, 2013b), nos outros dois dias de ensaio foi necessário repor a água dos ambientes internos. A lâmina d'água das varandas se manteve de acordo com o padrão de 10mm estabelecido.

**Figura 17 - Verificação da lâmina d'água**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

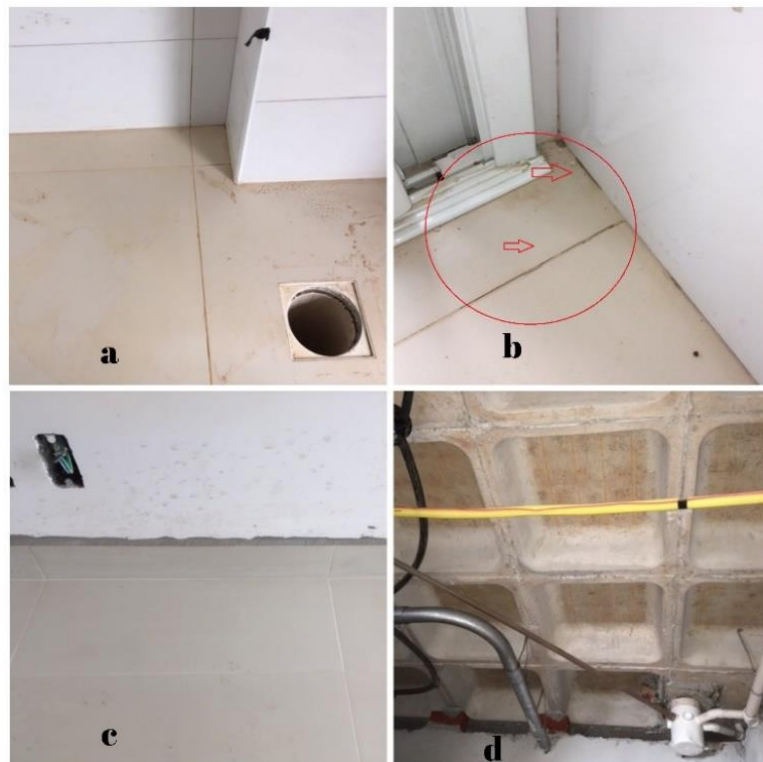
## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após as 72 horas requeridas pela norma deu-se início a retirada dos sistemas de tamponamento e de toda a água para que fosse possível analisar os corpos de prova. Segundo a NBR 15575-3 (ABNT, 2013b) é necessário aguardar 24 horas para iniciar a observação dos resultados nos corpos de prova. No dia 25 de agosto de 2018 foi dado início a identificação de possíveis alterações causadas pela água e os resultados estão dispostos nos itens a seguir.

### 5.1 COZINHAS E LAVANDERIA

Os primeiros ambientes observados foram as cozinhas e as lavanderias, uma vez que são próximos entre si. É importante lembrar que apenas a lavanderia é considerada área molhada, sendo a cozinha área molhável. Nestes ambientes foram analisadas as partes internas e externas do balcão que divide a cozinha da sala de estar, toda a área coberta por pisos e a laje. Os ambientes podem ser observados nas Figuras 18 e 19 a seguir.

**Figura 18 - Cozinha e lavanderia cp1 (a) cantos da lavanderia (b) divisa lavanderia/sacada (c) face exterior do balcão da cozinha (d) laje da lavanderia/cozinha**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 19 - Cozinha e lavanderia cp2 (a) cantos lavanderia (b) divisa lavanderia/sacada (c) face exterior do balcão da cozinha (d) face interior do balcão da cozinha**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Após a observação dos ambientes apresentados nas Figuras 18 e 19 é possível afirmar que não houve nenhum tipo de alteração no sistema de piso e a laje se mostrou completamente resistente aos efeitos da umidade, não havendo nenhum sinal de penetração da água. A diferença de tonalidade no rejunte apresentada na Figura 18 (b) apontada pelas setas destacadas em vermelho é devida aos resquícios da umidade ainda existentes, não existindo qualquer interferência significativa no sistema.

## 5.2 BANHEIROS E SUÍTES

Após a coleta de dados da cozinha e lavanderia, os próximos ambientes observados foram os banheiros, tanto os de uso comum quanto as suítes e foi registrada toda a área coberta por piso. Os cantos e os boxes receberam uma atenção maior pois se tratam de partes onde é mais comum o acúmulo de água. As Figuras 20, 21, 22 e 23 apresentam as imagens dos ambientes analisados.

**Figura 20 - Banheiro de uso comum cp1 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 21 - Banheiro de uso comum cp2 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 22 - Banheiro suíte cp1 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 23 - Banheiro suíte cp2 (a) entrada do box (b) região atrás da porta (c) fundo do box (d) laje**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

Os banheiros, tanto os de uso comum quanto as suítes, receberam atenção especial por estarem quase que sempre em contato direto com água, principalmente a parte do box. Mesmo sendo uma área considerada crítica por conter a região do box (área molhada), também não foram encontradas alterações significativas causadas pela umidade nessa parte dos corpos de prova. Os cantos dos banheiros se mostraram secos e resistentes aos danos causados pela água, assim como o restante da área coberta por piso. Na região da laje também não foi encontrado nenhum sinal de possível dano causado pela umidade.

### 5.3 VARANDAS

Os últimos ambientes a serem observados foram as varandas e alguns pontos foram observados com mais cuidado, como os cantos e a região mais próxima às tubulações. As lajes e os cantos se mostraram completamente resistentes a ação da umidade e apenas na região próxima ao ralo do corpo de prova 1 foi detectada uma alteração na tonalidade de uma pequena área, que pode ser observada na Figura 24(c) e (d). Os detalhes estão destacados em vermelho.

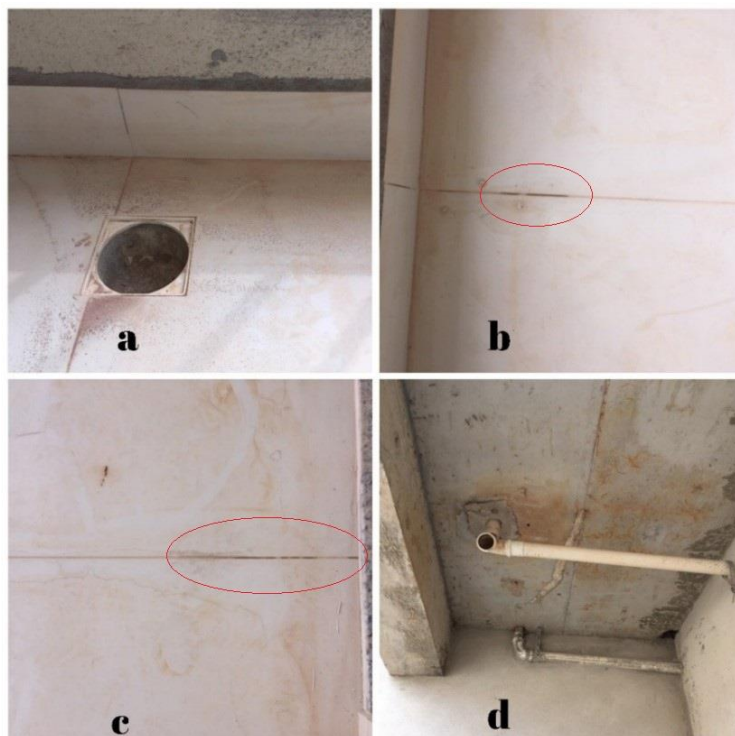
Após análise do ocorrido, foi concluído que o problema se deu por má aplicação do rejunte nessa área e foi solicitado que um funcionário refizesse a aplicação de rejunte no local, solucionando o problema e evitando futuros aborrecimentos dos usuários. Os detalhes apresentados na Figura 25(b) e (c), que estão destacados em vermelho, são semelhantes aos apresentados na Figura 18 (b) e se tratam apenas de resquícios de umidade que não causam quaisquer problemas ao sistema de piso.

**Figura 24 - Varanda cp1 (a) entrada da varanda (b) laje (c) detalhe próximo ao ralo (d) área próxima ao ralo**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.

**Figura 25 - Varanda cp2 (a) área próxima ao ralo (b) detalhe próximo ao ralo (c) detalhe próximo a entrada (d) laje**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2019.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual cenário da engenharia civil, diversas manifestações patológicas em sistemas de piso estão diretamente relacionadas com as ações da água. Os danos causados pela umidade são de extrema relevância e por esse motivo se faz necessário aumentar a atenção nos métodos construtivos e materiais utilizados na formação desse sistema de revestimento. É importante também que a mão de obra seja altamente capacitada, eliminando assim uma quantidade exorbitante de possíveis futuros problemas.

Procurando a melhoria e a padronização do desempenho dos sistemas presentes na composição das edificações, a ABNT desenvolveu diversos métodos que permitem avaliar de forma correta a resistência desses sistemas a ações comuns de seu uso, buscando assim prever e evitar o desenvolvimento de patologias. Com o sistema de piso não foi diferente, a NBR 15575-3 (ABNT,2013b) trata do tema com cuidado e apresenta ensaios específicos que possibilitam avaliar o desempenho de materiais e métodos de execução disponíveis no mercado.

No desenvolvimento desse trabalho concluiu-se que o sistema de piso dos corpos de prova analisados respondeu muito bem a possíveis degradações causadas pelos efeitos da umidade, apresentando apenas pequenas alterações de tonalidade nos rejuntas próximos aos pontos de drenagem das varandas. Alterações essas que não oferecem nenhuma ameaça ao sistema e que foram corrigidas com a reaplicação do rejunte no local danificado.

Assim, é possível afirmar que os objetivos do trabalho foram alcançados com sucesso, podendo concluir que os materiais utilizados no processo de construção responderam muito bem aos possíveis danos causados pela umidade, e que o nível de desempenho do sistema de piso em questão é o M (nível mínimo de aceitação), uma vez que atende à análise in loco dos corpos de prova.

No decorrer do desenvolvimento do ensaio estabelecido pelo anexo C da NBR 15575-3 (ABNT, 2013b) foram encontradas algumas dificuldades que, posteriormente, vieram a se tornar pontos que podem ser melhorados em uma futura revisão da norma em questão.

Logo nas etapas iniciais da realização dos testes foi percebida a necessidade da padronização de um método para possibilitar a verificação da espessura da lâmina d'água necessária para a realização do ensaio, pois é relevante que seja possível provar que a espessura da lâmina seja de 10mm, como requer a norma NBR 15575-3 (ABNT,2013b). Neste presente trabalho, a verificação foi feita através do umedecimento de lascas de piso presentes no próprio local de ensaio e, por se tratar de um método desenvolvido pelos próprios autores sem a

realização de testes para comprovar sua eficiência, fez-se necessário deixar esta recomendação para as próximas revisões da norma vigente.

Outro ponto importante encontrado durante o estudo da NBR 15575-3 (ABNT,2013b) é referente ao ensaio estabelecido no anexo C para ambas as áreas, molhadas e molháveis. No requisito 10.3 da referida norma é dito que áreas molháveis não são estanques e, portanto, o critério de estanqueidade não é aplicável. Através disso, tornou-se necessário sugerir que houvesse um método de ensaio para cada tipo de ambiente, uma vez que se torna injusto esperar que as áreas molháveis respondam aos efeitos da umidade da mesma forma que áreas molhadas. Sendo assim, foi considerado importante a existência de um método menos agressivo para as áreas molháveis.

Por fim, no encerramento das análises dos resultados foi notada a necessidade da existência de métodos para determinação do nível de desempenho de forma qualitativa, pois para o ensaio desenvolvido nesse trabalho não existem dados quantitativos para serem analisados. É possível encontrar no anexo E, na tabela E.1 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado,  $L'_{nT,w}$ , limites para determinar o nível de desempenho acústico e seria de grande importância a possibilidade de avaliar o desempenho do sistema de piso em relação a estanqueidade de forma parecida, só que neste caso, por quantidade de problemas encontrados durante a análise, por exemplo.

## 6.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do trabalho e após concluí-lo, fez-se necessário deixar uma recomendação para futuros trabalhos relacionados ao tema em questão. Essa recomendação é relacionada com a amostragem, ou seja, a quantidade de apartamentos a serem analisados, uma vez que a NBR 15575 não determina esta questão. Seria de grande importância realizar o ensaio descrito no anexo C da norma em um número maior de corpos de prova de um empreendimento, pois os resultados seriam proporcionalmente mais precisos.

## REFERÊNCIAS

- ARCOLINI, T. BARRADAS, P. **Infiltrações nas áreas molhadas causam danos estruturais e gastos excessivos**, 2012. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/infiltracoes-nas-areas-molhadas-causam-danos-estruturais-e-gastos-excessivos\\_6692\\_0\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/infiltracoes-nas-areas-molhadas-causam-danos-estruturais-e-gastos-excessivos_6692_0_0)>. Acesso em: novembro de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9574: **Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro, ABNT, 2008.
- \_\_\_\_\_. NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, ABNT, 2010.
- \_\_\_\_\_. NBR 15575-1: **Edificações Habitacionais – Desempenho parte 1- Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.
- \_\_\_\_\_. NBR 15575-2: **Edificações Habitacionais – Desempenho parte 2- Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013a.
- \_\_\_\_\_. NBR 15575-3: **Edificações Habitacionais – Desempenho parte 3- Requisitos para os sistemas de pisos**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013b.
- \_\_\_\_\_. NBR 15575-4: 2013: **Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4- Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013c.
- \_\_\_\_\_. NBR 15575-5: 2013: **Edificações Habitacionais – Desempenho parte 5- Requisitos para os sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013d.
- \_\_\_\_\_. NBR 15575-6: 2013: **Edificações Habitacionais – Desempenho parte 6- Requisitos para os sistemas hidrossanitários**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013e.
- BORGES, C. A. de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25092008-094741/pt-br.php>> Acesso em: novembro de 2018.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Sete perguntas sobre a norma de desempenho de edificações**. S.d. Disponível em:<<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/TIRA-D%C3%9AVIDAS.pdf>> Acesso em: novembro de 2018.
- CAZZAMIX. **Nova norma de argamassa impermeável entra em vigor**. 2012. Disponível em: <<https://cazzamix.wordpress.com/2012/07/06/nova-norma-de-argamassa-impermeavel-entra-em-vigor/>>. Acesso em: novembro de 2018.
- CICHINELLI, G. **Estanqueidade garantida**. Técnica, 2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/189/artigo288006-2.aspx>>. Acesso em: março de 2018.

CIMENTO MAUÁ. **Eflorescência na parede e no chão: descubra como evitar.**2018. Disponível em: <<https://cimentomaua.com.br/blog/eflorescencia-descubra-como-evitar/>>. Acesso em: dezembro de 2018.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL(CAU). **Norma de Desempenho completa três anos de vigência.** 2016. Disponível em: <<http://www.caubr.gov.br/norma-de-desempenho-completa-tres-anos-de-vigencia/>>. Acesso em: novembro de 2018.

EMISA. **Avenida parque.** 2019. Disponível em: <<https://construtoraemisa.com.br/empreendimentos/avenida-parque-2/>> . Acesso em: junho de 2019.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **Como combater e evitar infiltrações?** 2017. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/>>. Acesso em: outubro de 2018.

GEOCONTRACT. **Como aplicar manta asfáltica? Confira!!** 2018. Disponível em: <<https://geocontract.com.br/Post/20/como-aplicar-manta-asfaltica-confira>> . Acesso em: dezembro de 2018.

GOOGLE. **Google maps.** 2019. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Residencial+Avenida+Parque/@-16.2913664,-48.9706811,15z/data=!4m5!3m4!1s0x935ea41208cabce3:0xdac1bc31885c877e!8m2!3d-16.3110612!4d-48.9502052>>. Acesso em: junho de 2019.

INSTITUTO IDD. **Patologia: Manual básico para entender sobre infiltrações.** 2018. Disponível em: <<https://www.idd.edu.br/blog/idd-news/patologia-manual-basico-para-entender-sobre-infiltracoes>>. Acesso em: abril de 2019.

JUNGINGER, M; MEDEIROS, J. Ação da eflorescência de carbonato de cálcio sobre o vidro de placas cerâmicas. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 9, 2002.

KLEIN, D. L. Apostila do Curso de Patologia das Construções. Porto Alegre, 1999 - 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.

NAKAMURA, J. **Conheça o capítulo da norma de desempenho que traz requisitos para pisos em edificações habitacionais**, 2013. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/198/artigo296318-2.aspx>>. Acesso em: novembro de 2018.

NETO, J. **Impermeabilização de fundação.** 2012. Disponível em: <<http://aocuadradoarquitetura.blogspot.com/2012/11/impermeabilizacao-de-fundacao.html>>. Acesso em: novembro de 2018.

OLIVEIRA DA SILVA, C. 2014. **Cristalizantes.** [online] Ceosolucoesparaconstrucao.blogspot.com. Disponível em:

<<http://ceosolucoesparaconstrucao.blogspot.com/2014/05/cristalizantes.html>>. Acesso em: dezembro de 2018.

PEREIRA, R. **Estudo e considerações sobre a ABNT NBR 15575/2013 com ênfase nos requisitos de desempenho para as edificações habitacionais**. Tese (especialista em construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais. 2014.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988.

PRADO, L. G. **Tecnologia. Recuperação de Superfícies com argamassa modificada**. 2011. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/175/recuperacao-de-superficies-com-argamassa-modificada-285895-1.aspx>>. Acesso em 16 de novembro de 2018.

SILVA, M. **Metodologia para atender aos requisitos da ABNT NBR 15575 no projeto e construção das edificações**. Núcleo de Gestão e Inovação, Sindicato dos Engenheiros, 2013. Disponível em: <[http://www.sengers.org.br/site/images/material\\_mariaangelica.pdf](http://www.sengers.org.br/site/images/material_mariaangelica.pdf)>. Acesso em: novembro de 2018.

SILVA, G. **Impermeabilizantes rígidos ou flexíveis: saiba especificar**. AECweb, 2015. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizantes-rigidos-ouflexiveis-saiba-especificar\\_9614\\_0\\_1](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizantes-rigidos-ouflexiveis-saiba-especificar_9614_0_1)>. Acesso em: novembro de 2018

SOUZA, M. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Tese (Especialista em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais. 2008.

SUAREZ, Gregório. **David A. Garvin e as Novas Dimensões da Qualidade por Gregório Suarez – Parte 2**. Quality Way, 2015. Disponível em: <<https://qualityway.wordpress.com/2015/08/18/david-a-garvin-e-as-oito-dimensoes-da-qualidade-por-gregorio-suarez-parte-2/>>. Acesso em: novembro de 2018.

VEDACIT. **Manual técnico de impermeabilização de estrutura**. 2000. 7ª Edição. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

XAVIER, K. **Impermeabilização de pisos sujeitos à umidade ascendente**, 2017. Disponível em: <<http://www.canaldoengenhario.com/impermeabilizacao-de-pisos/>>. Acesso em: novembro de 2018.